

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

(інститут)

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИЙ

(факультет)

Кафедра СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Губанової Єлизавети Артемівни

(ПІБ)

академічної групи ЕЕ-15-2

(шифр)

напряму 050701 «Електротехніка та електротехнології»

(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою _____

(офіційна назва)

на тему Зменшення втрат енергії в системі електропостачання технологічної лінії переробки антрациту

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтингов ою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	<u>Дрешпак Н.С.</u>			
розділів:	<u>Дрешпак Н.С.</u>			
Вступ:	<u>Дрешпак Н.С.</u>			
Технічний	<u>Дрешпак Н.С.</u>			
Спеціальний	<u>Дрешпак Н.С.</u>			
Економічний	<u>Тимошенко Л.В.</u>			
Охорона праці	<u>Лутс І.О.</u>			
Рецензент				
Нормоконтролер	<u>Олішевський Г.С.</u>			

Дніпро
2019

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

систем електропостачання

(повна назва)

(підпис) Випанасенко С.І.
(прізвище, ініціали)

«_____» _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеню Бакалавра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Губановій Є.А. академічної групи _____
(прізвище та ініціали) ЕЕ-15-2
(шифр)

напряму 050701 «Електротехніка та електротехнології»
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою _____

(офіційна назва)

на тему Зменшення втрат енергії в системі електропостачання технологічної лінії переробки антрациту,

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 17.04.2019 № 626-л

Розділ	Зміст	Термін виконання
Вступ	Виконати аналіз поточного режиму роботи підприємства та проблеми експлуатації електрообладнання	16.05.19
Технічний розділ	Характеристика об'єкту дослідження. Виконати обґрунтований вибір варіанту компенсації	21.05.19
Спеціальний розділ	Виконати розрахунок компенсуючих установок	28.05.19
Економічний	Визначити техніко-економічні показники проекту: капітальні та експлуатаційні витрати, термін окупності проекту	12.06.19
Охорона праці	Розробка інженерно-технічних заходів з охорони праці при експлуатації об'єкту	11.06.19

Завдання видано

(підпис керівника)

Дрешпак Н.С.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі 26.04.2019

Дата подання до екзаменаційної комісії

Прийнято до виконання

(підпис студента)

(прізвище, ініціали)

Реферат

Пояснювальна записка: 68 с., 13 рис., 17 табл., 7 додатків, 16 джерел.

Об'єкт дослідження: система електропостачання технологічної лінії переробки антрациту ТОВ «Інтеркоалтрейдинг».

Мета роботи: підвищення енергоефективності систем електропостачання за рахунок впровадження засобів компенсації реактивної потужності.

У вступі: викладено стан проблеми, та зв'язок теми зі сферою компетенції бакалавра відповідно до кваліфікаційної характеристики спеціальності “Енергетичний менеджмент”.

У технологічному розділі: розглянуто причини виникнення реактивної потужності в мережі, а також негативні явища, пов'язані з її передачею, проаналізовано особливості об'єкту дослідження, варіанти компенсації реактивної потужності, розкрита актуальність роботи.

У спеціальному розділі є розрахунки електричних навантажень розглянутої системи, дана оцінка технічних характеристик у випадку індивідуальної або групової компенсації реактивної потужності.

Новизна технічного рішення полягає у: використанні більш економічно та технічно вигідного типу та способу підключення компенсуючих пристроїв.

У розділі “Охорона праці”: обґрунтовано заходи, щодо заходів по роботі з електрообладнанням, пожежної профілактики та розрахунку заземлення.

В економічному розділі: наведено розрахунки капітальних та експлуатаційних витрат енергії.

Практичне значення проекту полягає у розробці рекомендацій щодо вибору оптимального способу компенсації реактивної потужності в системах електропостачання технологічних ліній збагачення корисних копалин.

ЗМІСТ

	ВСТУП.....	5
Розділ 1	ТЕХНОЛОГІЧНИЙ.....	7
1.1	Реактивна потужність у мережі та способи її зменшення.....	8
1.2	Негативні явища, пов'язані з передачею реактивної потужності	11
1.3	Об'єкт дослідження.....	12
1.4	Варіанти компенсації реактивної потужності.....	16
1.5	Актуальність роботи.....	18
Розділ 2	СПЕЦІАЛЬНИЙ.....	20
2.1	Розрахунок електричних навантажень.....	21
2.2	Вибір кабелів в системі електропостачання.....	24
2.3	Розрахунок індивідуальної компенсації реактивної потужності.....	29
2.4	Розрахунок групової компенсації реактивної потужності....	36
Розділ 3	ОХОРОНА ПРАЦІ.....	39
3.1	Аналіз небезпечних та шкідливих чинників на підприємстві з переробки антрациту.....	40
3.2	Інженерно-технічні заходи щодо охорони праці.....	41
3.3	Пожежна профілактика.....	41
3.4	Розрахунок захисного заземлення.....	43
Розділ 4	ЕКОНОМІЧНИЙ.....	47
4.1	Актуальність завдання.....	48
4.2	Розрахунок капітальних витрат.....	49
4.3	Розрахунок експлуатаційних витрат.....	52
4.3.1	Розрахунок амортизаційних відрахувань.....	52
4.3.2	Розрахунок річного фонду заробітної плати.....	54
4.3.3	Розрахунок відрахувань на соціальні заходи.....	54
4.3.4	Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт.....	56
4.4	Висновок.....	57
	ВИСНОВКИ.....	58
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	60
	ДОДАТОК А Відомість матеріалів дипломної роботи.....	61
	ДОДАТОК Б Довідкові дані косинусів та коефіцієнтів попиту	62
	ДОДАТОК В Розрахунок електричних навантажень.....	63
	ДОДАТОК Г Довідкові матеріали для вибору кабелів	64
	ДОДАТОК Д Вибір кабелів.....	65
	ДОДАТОК Е Розрахунок індивідуальної компенсації.....	66
	ДОДАТОК Є Розрахунок групової компенсації.....	67

Вступ

Антрацитом називається твердий різновид вугілля, високої щільності, блискучий, до складу якого входить більш 90 % вуглецю і низька частка домішок. Він активно використовується як енергетичне паливо, а також як сировина у чорній та кольоровій металургії, також в хімічній та електротехнічній промисловості. В додаток він ще й іноді експлуатується в якості вуглецевої сировини під час виготовлення абразивів, абсорбентів, відновлювачів, електродів.

Процес переробки антрациту має важливе практичне значення для енергетичної галузі, оскільки він дозволяє отримати високоякісну сировину різних класів крупності, яка використовується на теплових електростанціях при виробництві електроенергії.

Технологічна лінія переробки антрациту являє собою модульний комплекс, розташований на невеликій площадці, що складається з грохоту, конвеєрних ліній для транспортування матеріалу, а також системи електропостачання, яка забезпечує роботу електромеханічного обладнання.

Електропровід обладнання технологічної лінії забезпечується за допомогою асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором, а також системи автоматичного керування, яка реалізує можливість технологічного блокування (відключення) з робочого місця оператора та захист пристроїв управління від короткого замикання.

Одним із основних параметрів, який характеризує ефективність роботи електричного кола (пристрою, установки або системи) є його коефіцієнт потужності. Він має найважливіше техніко-економічне значення в електроенергетиці, в роботі пристроїв та систем. Першочерговим завданням будь-якого електроенергетика є підвищення коефіцієнту потужності.

Як відомо, низький коефіцієнт потужності зумовлює неповне використання потужності електрообладнання, яка була закладена заводом-виробником, та є причиною виникнення великих втрат електроенергії в проводах лінії електропередач. При низькому коефіцієнті потужності виходить велике

значення сили струму, що протікає в проводах ліній електропередач, і тим самим зумовлює великі втрати активної потужності згідно закону Джоуля-Ленца.

Тема дипломної роботи тісно пов'язана зі сферою компетенції бакалавра відповідно до кваліфікаційної характеристики спеціальності «Енергетичний менеджмент», так як в ній вирішується задача енергозбереження.

Енергозбереження – комплекс заходів, які направлені на правильне та раціональне використання енергоресурсами. В ході їх реалізації енергоспоживання зменшується, внаслідок чого й покращується екологічна ситуація країни в цілому.

Задача енергозбереження вирішується шляхом підвищення коефіцієнту потужності системи електропостачання технологічної лінії за рахунок підключення компенсуючих пристроїв, що дозволить зменшити втрати енергії в проводах кабельних ліній. Співставлення результатів розрахунків при індивідуальній та груповій компенсації дозволить надати рекомендації щодо вибору оптимального способу підключення пристроїв компенсації реактивної потужності.

Таким чином, метою роботи є підвищення техніко-економічних показників системи електропостачання технологічної лінії переробки антрациту з рахунок впровадження засобів компенсації реактивної потужності.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Реактивна потужність у мережі та способи її зменшення

Більшість електроприймачів споживає струм з мережі, який відстає від напруги на зажимах. Це пов'язано з тим, що індуктивності створюють магнітний потік, який необхідний для роботи електроприймачів. Електроприймач, який приєднаний до джерела синусоїдальної напруги споживає синусоїдальний струм, який зсунутий по фазі щодо напруги. При переносі синусоїдального струму утворюється миттєва потужність.

Миттєва потужність - добуток синусоїдального струму та напруги. При наявності індуктивностей в навантаженні, частина періоду енергії запасається, а інша частина передається назад до генератора. Таким чином відбувається процес переносу енергії від генератора до навантаження: за період кількість енергії, яка передається від генератора до навантаження, більша, ніж навпаки – від навантаження до генератора.

З теоретичних основ електротехніки відомо, що наявність кола реактивних опорів викликає зміщення синусоїди струму відносно синусоїди напруги. Якщо перенести вісь синусоїди до центру синусоїди миттєвої потужності, отримаємо значення активної потужності. Активна потужність характеризує енергію, яка виділяється за одиницю часу при виробництві корисної роботи в навантаженні. Реактивна потужність – величина діючого значення синусоїди. Вона відображає обмінні процеси передачі енергії на змінному струмі. При струмі, який відстає, реактивна потужність позитивна ($\varphi > 0$), а при випередженні вона негативна ($\varphi < 0$). Одиницею вимірювання реактивної потужності є вольт-ампер реактивний (вар). Під час протікання реактивної потужності по елементам мережі, при цьому навантажуючи їх, викликає падіння напруги, втрати активної потужності та не виконує корисної роботи. Зумовлено це тим, що кількість енергії за період, яка перенесена в одному напрямленні дорівнює кількості енергії, що перенесена в зворотному напрямі.

Основним показником, який характеризує споживання реактивної потужності – коефіцієнт потужності ($\cos\varphi$). Коефіцієнт потужності – відношення активної потужності (P) до повної потужності (S). Його значення залежить від

характеру навантаження. При підключенні ємкісних або індуктивних навантажень коефіцієнт потужності може змінюватися, якщо струм або відстає, або випереджає по відношенню до напруги. Цей зсув і визначає значення коефіцієнту потужності. При зменшенні коефіцієнту потужності, споживання реактивної потужності зростає. Тому необхідно прагнути до підвищення косинусу, так як при низькому виникають проблеми: високі втрати потужності в ЛЕП, перепади напруги, необхідність збільшення потужності генераторів, трансформаторів, перерізу кабелів.

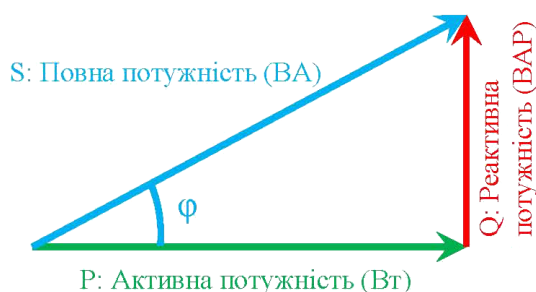


Рис.1.5 – Трикутник потужностей

Активна потужність – корисна потужність, яка вимірюється в ватах. За її допомогою визначається реальна кількість енергії, яку виробляє електрообладнання. Загальна кількість енергії, яка споживається всім електрообладнанням враховується лічильниками або приладами обліку енергії. Ці прилади встановлюються постачальниками електричної енергії для виміру її сумарного споживання за певний проміжок часу.

Реактивна потужність – потужність, яка виробляється електродвигунами, трансформаторами та іншим електрообладнанням. Воно може містити в собі котушки індуктивності або обмотки, які створюють електромагнітні поля. Ці індуктивності є складовими електричного ланцюга і системи електропостачання та є навантаженням, яке споживає, як і активну потужність, так і реактивну. Чим нижче значення коефіцієнта потужності, тим вище реактивна потужність. Так як реактивна потужність не виконує корисної роботи та надає негативний вплив на

всю систему електропостачання в цілому, тому її споживання сплачується за більш високим тарифам.

Повна потужність – передається по розподільчим проводам, кабелям і лініям до споживачів – населенню, промисловим підприємствам. Повна потужність вимірюється в вольт-амперах (ВА).

Компенсація реактивної потужності здійснюється за рахунок встановлення конденсаторних батарей, які генерують ємкісну складову реактивної потужності та знижують втрати в проводах, які пов'язані з перетоками реактивної потужності.

З перерахованого вище, стає зрозумілим, що необхідно зменшувати реактивну потужність. До способів зменшення реактивної потужності можна віднести:

- компенсацію реактивної потужності;
- заміна малонавантажених асинхронних двигунів на двигуни з меншою потужністю;
- в двигунах які працюють з малим навантаженням, знижати напругу;
- в період малих завантажень – замінити або відключати трансформатори;
- обмеження холостого ходу асинхронних двигунів.

Для зниження перетікань по мережах реактивної потужності застосовують конденсаторні установки (КУ). Як КУ тут використовуються ємнісні елементи: батареї статичних конденсаторів (БК), синхронні двигуни (СД) і джерела реактивної потужності з тиристорним керуванням. У свою чергу БК можуть бути як регульованими (РБК), так і нерегульованими (НБК) Конденсаторні батареї можуть встановлюватися як на підстанціях, так і безпосередньо біля споживачів. В такому випадку пристрій підключається до кабелів або шин живлення. При підключенні до шин живлення, розраховують на індивідуальну компенсацію реактиву конкретного двигуна або іншого електрообладнання. Такий спосіб часто зустрічається на обладнанні в електричних мережах 0,4 кВ.

1.2.Негативні явища, пов'язані з передачею реактивної потужності

Основною проблемою, яка пов'язана з реактивною потужністю є збільшення втрат у провідниках, а саме:

- Нагрів проводів викликає прискоренню старіння ізоляції, зниження строку служби електрообладнання та сприяє створенню коротких замикань;
- Нагрів обмоток трансформатору та зниженню здатності навантаження;
- Зниження пропускної здатності енергосистеми при генерації додаткової потужності для компенсації втрат.

Теплові (Джоулеві) втрати розраховуються за формулою:

$$P = I^2 * R, \quad (1.3)$$

де I – струм, який протікає через провідник, вимірюється в Амперах (А);

R – опір провідника, вимірюється в омах (Ом).

Тому для зменшення теплових (Джоулевих) втрат застосовують компенсацію реактивної потужності. Компенсація реактивної потужності особливо необхідна для споживачів, що мають низький косинус ϕ . Насамперед, для споживачів з великим числом асинхронних двигунів, які часто експлуатуються ($\cos \phi \sim 0.7$), особливо в режимі їх недозавантаження.

Як правило, реактивні опори мереж ВН перевищують активні і передача реактивної потужності призводить до зниження напруги:

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U} = \frac{P \cdot R}{U} + \frac{Q \cdot X}{U} = \Delta U_{\text{л}} + \Delta U_{\text{т}} \quad (1.1)$$

Також, слід врахувати те, що при передачі реактивної потужності виникають додаткові втрати активної потужності в усіх елементах мережі, де протікає Q :

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} * R = \frac{P^2}{U^2} * R + \frac{Q^2}{U^2} * R = \Delta P_{\text{л}} + \Delta P_{\text{т}} \quad (1.2)$$

Останнім слід зазначити, що внаслідок збільшення втрат активної потужності при протіканні реактивної по електричній мережі, необхідно збільшувати потужність генераторів.

1.3 Об'єкт дослідження

В роботі розглядаються різні види компенсації реактивної потужності – індивідуальна та групова. Порівняння даних видів відбувається на основі підприємства з переробки антрациту.

Робота підприємства здійснюється в різних напрямках: виготовлення обладнання для подачі, класифікації, дроблення та сепарації різних сипучих матеріалів (вугілля, залізних та марганцевих руд, гранітного та вапнякового щебню, різної шлакової сировини, а також пісків різноманітного призначення) та діяльністю з проектування та виробництва обладнання для гірничодобувної галузі.

До складу комплексу підприємства входять:

- Грохот інерційний самобалансний двухдековий ГИСЛ-52;
- конвеєр стрічковий ЛК 2;
- конвеєр стрічковий ЛК 3, ЛК 4;
- майданчик для вибірки породи;
- пульт управління модулем МГМС-1.

Грохот - це обладнання, що дозволяє розділяти на фракції сипучий матеріал за розмірами шматків або частинок (фракцій) за допомогою сит, які встановлені одне над іншим. Він призначений для сухого поділу готового продукту, розділу його на сипучі і кускові матеріали на фракції трьох розмірів за рахунок встановлених на нього двох рівнів сит з певним калібруванням отворів (рис. 1.1). Грохот складається з короба, який встановлено на пружинних опорах і двох віброзбудувачах, які закріплені на коробі, і двох сит для просіювання. Короб складається з двох боковин, з'єднаних балками, які служать опорами для сит. При обертанні віброзбудувачей короб здійснює коливальні рухи під кутом до площини сит. Завдяки цьому матеріал транспортується до розвантажувальних кінців сит і піддається просіванню.



Рис.1.1 – Грохот ГИСЛ-52

Конвеєр стрічковий ЛК 2 призначений для транспортування фракції 0-40 мм. Принцип його дії полягає в функціонуванні гнучкої стрічки, яка приводить в рух електродвигун через редуктор.

Конвеєр стрічковий ЛК 3 призначений для транспортування фракції 40-70 мм. Відрізняється від попереднього конвеєра наявністю площини для ручної вибірки породи.

Конвеєр стрічковий ЛК 4 призначений для транспортування фракції 70-130 мм, не відрізняється від попереднього (ЛК 3), слугує для вивантаження фракції до автосамосвалу (рис.1.2)



Рис.1.2 – Зовнішній вигляд стрічкових конвеєрів

Майданчик для вибірки породи - металева конструкція, призначена для ручного відбору порожньої породи з конвеєра, що забезпечує чистоту одержуваного матеріалу.

Пульт управління модулем (рис.1.3) розташовується в металевій шафі, призначений для управління модулем, до якого входять: грохот інерційний самобалансний ГИСЛ-52 і стрічкові конвеєр ЛК 2, ЛК 3, ЛК 4. Система управління забезпечує:

- пуск двигуна за методом «зірка-трикутник»;
- контроль пускових і робочих струмів двигуна для його захисту;
- місцевий режим запуску двигунів;
- світлову та звукову аварійну сигналізацію.

Принцип роботи модуля полягає у наступному: на грохот ГИСЛ-52, за допомогою стрічкового конвеєра ЛК 1, вугілля фракції 0-130 мм подається в завантажувальну зону грохоту, де рівномірно розподіляється по поверхні, що

просіює. За рахунок кута нахилу і спрямованості короба грохоту матеріал пересувається по поверхні (ситу), за допомогою якого відбувається його класифікація за класами крупності. Грохот складається з 2-х сит (верхнє - 70 мм, нижнє - 40 мм). Матеріал, який залишається на верхньому ситі називається надрешітним продуктом і має фракцію 70-130 мм. Матеріал, який пройшов крізь перше сито з осередком 70 мм називається підрешітний і має фракційний склад 40-70 мм. Матеріал, який пройшов крізь друге сито з осередком 40 мм називається підрешітний по відношенню до сита 40 мм і має фракційний склад 0-40 мм.

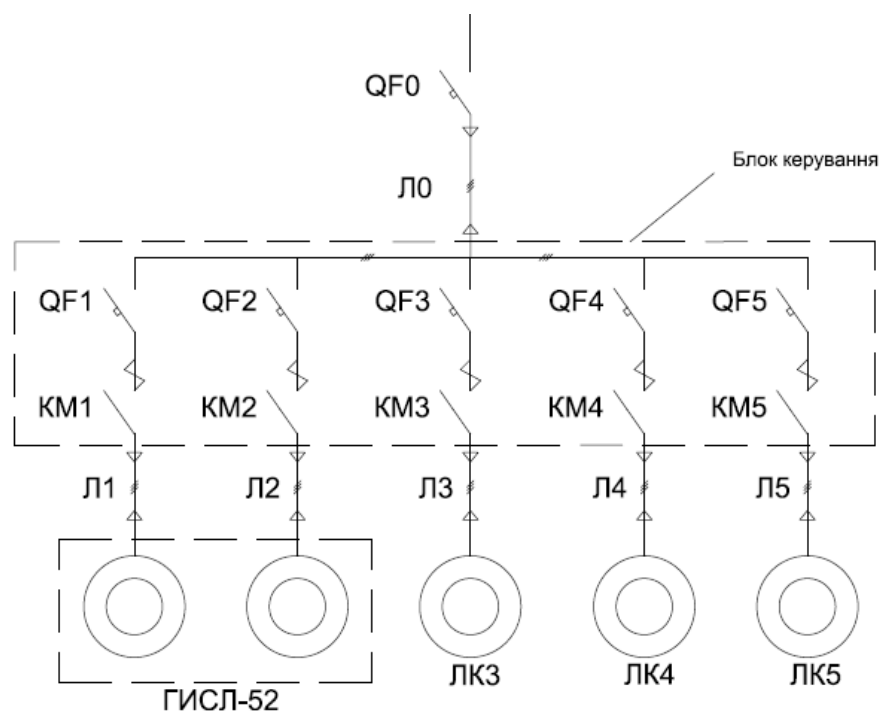


Рис.1.3 Принципова схема електропостачання технологічної лінії переробки антрациту

За підсумком після класифікації ми отримуємо три фракції:

- Фракція 0-40 мм потрапляє на конвеєр ЛК 2;
- фракція 40-70 мм потрапляє на конвеєр ЛК 3 (який має майданчик для ручної вибірки породи);
- фракція 70-130 мм потрапляє на конвеєр ЛК 4 (який також має майданчик для ручної вибірки породи).

В результаті роботи вказаного обладнання створено схему розташування комплексу (рис 1.4).

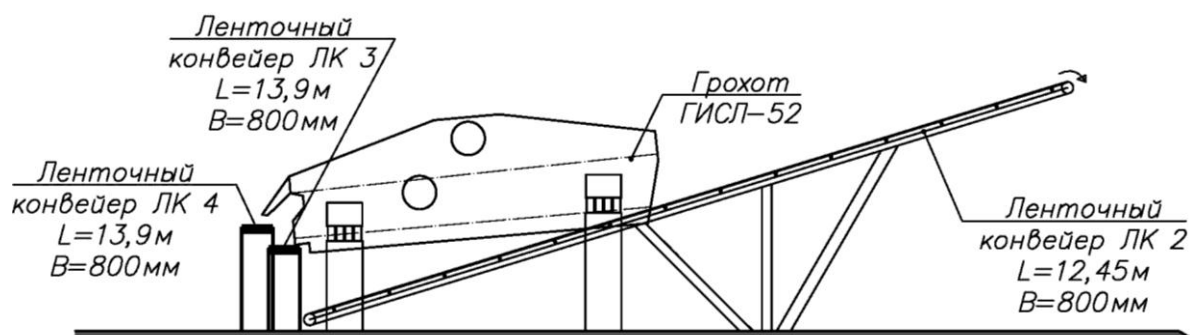


Рис.1.4 - Схема розташування обладнання комплексу

1.4 Варіанти компенсації реактивної потужності

За місцем підключення розрізняють наступні схеми компенсації реактивної потужності:

- Індивідуальна компенсація — конденсаторна установка встановлюється в безпосередній близькості до споживача з низьким $\cos\varphi$;
- Групова компенсація - на лінії електропостачання групи однотипних споживачів;
- Централізована — на вводі схеми.

В дипломі описується та ведеться розрахунок індивідуальної та групової компенсації.

Індивідуальна компенсація (рис.1.5) використовується в обладнанні з тривалим режимом роботи, у випадку коли споживання реактивної потужності занадто велике, головним чином для електродвигунів. Конденсатори встановлюються на кожне окреме навантаження, тому дія перетоків реактивної потужності розповсюджується тільки на провідники, які з'єднують навантаження і конденсатор.

Переваги такої компенсації:

- Реактивна потужність «замкнена» між навантаженням та конденсаторною установкою, тому інша частина лінії не опиняється під впливом реактивної потужності;
- Конденсаторна установка ввімкається тільки при підключенні навантаження, тому необхідність додаткової системи управління відсутня.



Рис.1.5 – Схема індивідуальної компенсації

Недоліки даного виду:

- Сумарна вартість всіх конденсаторних установок вища за вартість однієї еквівалентної установки по потужності.

Конденсатори будуть невикористані по потужності, коли ті чи інші навантаження знаходяться в режимі простою протягом тривалого часу.

Групова компенсація (рис.1.6) бажана у випадку одночасного підключення декількох навантажень (однакових або різних). При такому виді компенсації

розгужуються трансформатори, лінії електропередач, поживні мережі. Для рівномірного підключення компенсуючих пристроїв бажано підключати конденсаторну установку таким чином, щоб реактивне навантаження становило більше половини потужності конденсаторної установки, яка підключається.

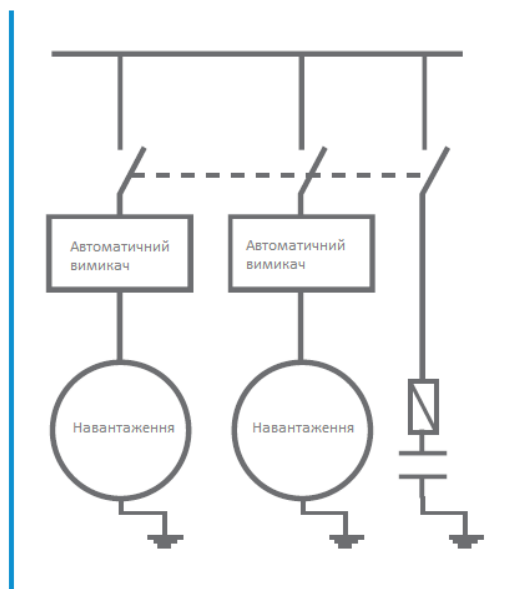


Рис.1.6– Групова схема компенсації

Переваги даної схеми:

- Конденсаторна батарея може бути розміщена в щиту управління;
- Низька вартість установки;

Недоліком такої схеми є те, що реактивна потужність присутня на ділянці між щитом управління двигунами та навантаженнями.

1.5 Актуальність роботи

Проблема компенсації реактивної потужності завжди займала перше місце для вирішення питань з ефективності електроспоживання. Це дуже актуальна тема, особливо для підприємств, в яких основним електрообладнанням є асинхронні двигуни. Якщо правильно вирішити таку проблему, то одразу

вирішаються такі питання як – економія грошових та матеріальних ресурсів, а також раціональне використання електроенергії.

Електрообладнання може виробляти, як активну, так і реактивну потужності. Але якщо активна потужність - створення корисної роботи та перетворення електричної енергії в інші види, то реактивна не виконує корисної роботи. Вона слугує лише для створення електромагнітних полів в індуктивних приймачах.

Крім цього, реактивна так само як і активна потужність враховується постачальником електроенергії, як наслідок, підлягає оплаті по тарифах, тому становить значну частину рахунку за електроенергію. Оптимізація реактивної потужності за рахунок компенсуючих пристроїв допоможе:

- знизити загальні витрати на електроенергію;
- знизити теплові втрати;
- домогтися більшої надійності в системі електропостачання;

Бажано мати $\cos \phi$ трохи більше 0,9, оскільки, з одного боку, це дозволяє уникнути штрафних санкцій за низький коефіцієнт потужності. При цьому $\cos \phi$ не повинен бути надто близький до одиниці, що уникнути випереджальних струмів в системі при випадковій перекомпенсації.

На сьогоднішній день, компенсація реактивної потужності - це не тільки енергозбереження, а й вплив на економіку підприємства в цілому. Адже кінцева вартість будь-якого продукту формується не в останню чергу через вживану електроенергію, а при її зниженні – зменшить собівартість продукції.

Перш за все, слід обрати між груповою та індивідуальною компенсацією. Адже кожна з них, має свої переваги та недоліки. При індивідуальній компенсації реактивної потужності пристрій встановлюється безпосередньо на навантаженні. Групова компенсація більш ефективна в тому плані, що групові компенсатори можуть бути надійнішими та більш довговічними. За статистикою, групова компенсація економічніша за індивідуальну. Це може бути пов'язано з тим, що в індивідуальній на кожен асинхронний двигун підключається установка компенсаторної потужності, що коштує дорожче.

СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розрахунок електричних навантажень

Основним етапом при проектуванні систем електропостачання є розрахунок електричних навантажень, тому що вони вважаються вихідними даними. Адже при подальших розрахунках виникає багато питань не тільки технічних, а й економічних. Величини електричних навантажень не тільки допомагають вибрати елементи для системи електропостачання, але й визначають втрати потужності на підприємстві.

Розрахунок електричних навантажень виконується багатьма методами. Основні з яких:

- метод упорядкованих діаграм (за середньою потужністю та коефіцієнту максимуму);
- за встановленою потужністю та коефіцієнтом попиту;
- за середньою потужністю та коефіцієнту форми графіку навантажень;
- за питомим навантаженням на одиницю виробничої площі.

Важливо правильно зробити розрахунок електричних навантажень, тому що від нього залежить багато речей, наприклад, капітальні втрати, надійність роботи і термін експлуатації, експлуатаційні витрати тощо. При розробці проекту необхідно бути уважним, тому що при допущеній помилці та скороченні потужності, яка розраховується, всі елементи СЕП будуть нагріватися, що прискорить процес старіння ізоляції. Внаслідок чого термін служби елементів СЕП зменшиться і вони аварійно вийдуть з ладу. І навпаки - при збільшенні розрахункової потужності термін служби цих елементів зросте. Але якщо не буде враховано моральне старіння обладнання, то скористатися ним буде неможливо.

В даній роботі використовується метод коефіцієнту попиту. Який, як правило, використовується для електроприймачів, що працюють у тривалому режимі. Для визначення розрахункового навантаження методом коефіцієнту попиту необхідно знати номінальну потужність $P_{ном}$ характерної групи приймачів та коефіцієнти попиту K_n і коефіцієнт реактивної потужності групи.

Пристрій для перетворення електричної енергії в будь-який інший вид енергії для її використання, наприклад, у теплову, механічну або світлову називається електроприймачем.

При об'єднанні в ході технологічного процесу та розміщенні на одній території, електроприймач або група електроприймачів є споживачами електричної енергії.

Розрахункове навантаження цієї групи однорідних електроприймачів визначають за формулами [1]:

$$P_p = P_{\text{ном}} * K_{\text{п}} \quad (2.1)$$

де $K_{\text{п}}$ – коефіцієнт попиту.

Величина $K_{\text{п}}$ приймається за справочними даними (додаток Б) та вважається незалежною від числа та потужності електроприймачів. Для визначення розрахункового навантаження вузла системи електропостачання необхідно просумувати навантаження окремих груп електроприймачів[1].

$$Q_p = P_p * \operatorname{tg} \varphi \quad (2.2)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (2.3)$$

де P_p , Q_p , S_p – розрахункові значення потужностей, відповідно активної, реактивної та повної.

$\operatorname{tg} \varphi$ – паспортне або довідкове значення коефіцієнту реактивної потужності електроприймача.

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} * U_{\text{ном}}} \quad (2.4)$$

де I_p – розрахунковий струм.

Вихідні дані для розрахунку електричних навантажень заносимо до таблиці (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 - Вихідні дані для розрахунку електричних навантажень

Найменування обладнання	Номінальна потужність $P_{\text{ном}}$, кВт	Кількість	K_n	$\cos\varphi$	$\tan\varphi$
Грохот ГИСЛ-52 двухдековый	22	2	0,75	0,8	0,75
Конвеєр стрічковий, (ЛК 2)	7,5	1	0,8	0,75	0,88
Конвеєр стрічковий, (ЛК 3)	7,5	1	0,8	0,75	0,88
Конвеєр стрічковий, (ЛК 4)	7,5	1	0,8	0,75	0,88

Розрахунок електричних навантажень за формулами (2.1), (2.2), (2.3) для грохоту ГИСЛ-52:

$$P_p = 22 * 2 * 0,75 = 33 \text{ кВт},$$

$$Q_p = 33 * 0,75 = 24,75 \text{ квар}$$

$$S_p = \sqrt{33^2 + 24,75^2} = 41,25 \text{ кВА}$$

Результати розрахунків електричних навантажень заносимо до таблиці 2.2. Розрахунок проводиться з використанням пакета прикладних програм MSEXCEL.

Таблиця 2.2 – Результат розрахунків електричних навантажень

Найменування обладнання	P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВА	I_p , кА
Грохот ГИСЛ-52 двухдековый	33	24,75	41,25	

Кінець таблиці 2.2

Конвеєр стрічковий (ЛК 2)	6	5,29	8	
Конвеєр стрічковий (ЛК 3)	6	5,29	8	
Конвеєр стрічковий (ЛК 4)	6	5,29	8	
Разом по підприємству	51	40,62	65,25	99,14

2.2 Вибір кабелів в системі електропостачання

Вибір кабельної мережі зводиться до визначення таких перерізів кабелів, які, будучи економічними, зможуть забезпечувати необхідний рівень напруги на затискачах електроприймачів у різних режимах роботи без перегріву понад допустимої температури. [8]

Вибір перетину кабелю на напругу до 1000В для електродвигуна розраховується через визначення тривало допустимих струмів. Потрібно підібрати таке значення перетину кабелю, яке дозволить витримувати тривалий час розрахункові струми для заданої ділянки, без нанесення шкоди кабелю. Значення допустимо-тривалих струмів для кабелів вказані в ПУЕ таблиці 1.3.4 - 1.3.30, ГОСТ 31996-2012 або використовувати каталожні дані заводу-виготовлювача[10].

Розрахунковий тривало-допустимий струм[8]:

$$I_p = \frac{P_{ном} * k_3}{\sqrt{3} * U_{ном} * \eta_d * \cos \varphi_d} \quad (2.5)$$

де $P_{ном}$ – номінальна потужність двигуна, який підключений до кабелю;

k_3 – коефіцієнт завантаження двигуна (зазвичай вважають, що $k_3=1$);

U – номінальна напруга;

η_d – ККД двигуна (зазвичай $\eta_d = 0,75-0,93$);

$\cos\varphi$ – коефіцієнт потужності (від 0,8-0,85).

При виборі перетину кабелю потрібно враховувати поправочні коефіцієнти на землю і повітря при прокладанні кабелю, ПУЕ таблиці 1.3.3, 1.3.23, 1.3.26. [10].

Фактичний тривало – допустимий струм:

$$I_{д.ф} = k_1 * k_2 * k_3 * I_p \quad (2.6)$$

де k_1 - коефіцієнт, який враховує температуру навколишнього середовища (вважаємо, що температура не відрізняється від нормальної $=15^\circ\text{C}$) (дод.Г);

k_2 - коефіцієнт, який враховує число поруч прокладених у землі кабелів (дод.Г);

k_3 - коефіцієнт, який враховує допустиме перевантаження в після аварійному режимі (при тривалості максимуму 6 год).

При цьому повинна виконуватись умова:

$$I_{д.ф} \geq I_p \quad (2.7)$$

Після вибору перетину кабелю за тривало-допустимим значенням струму необхідно перевірити кабель на допустиму втрату напруги. Тобто відхилення напруги приєднаного до цієї мережі струмоприймачів не повинно виходити за межі допустимого.

$$\Delta U_k = \sqrt{3} * I_p * (R_i * \cos\varphi_i + X_i * \sin\varphi_i) \quad (2.8)$$

де R_i, X_i – активний та індуктивний опір i -го кабелю;

$\cos\varphi, \sin\varphi$ – косинус та синус i -го двигуна.

Згідно з нормами допускаються наступні межі відхилень напруги на затискачах струмоприймачів [8]:

- для електродвигунів $\pm 5\%$; в окремих випадках для електродвигунів допускається відхилення вище за номінальне до 10% .

Вихідні дані для вибору кабелів заносимо до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Вихідні дані для вибору кабелів.

Найменування обладнання	$P_{\text{ном}}$, кВт	ККД двигуна	$\cos\phi$
Грохот ГИСЛ-52	11	0,85	0,8
Конвеєр стрічковий, (ЛК 2)	7,5	0,8	0,75
Конвеєр стрічковий, (ЛК 3)	7,5	0,8	0,75
Конвеєр стрічковий, (ЛК 4)	7,5	0,8	0,75

Виконуємо розрахунок за формулою (2.5) для Грохоту ГИСЛ – 52:

$$I_p = \frac{11 * 1}{\sqrt{3} * 0,38 * 0,8 * 0,85} = 24,58 \text{ A}$$

Фактичне допустиме табличне значення струму – 39 А.

Допустиме значення струму за формулою (2.6):

$$I_{\text{д.ф}} = 1 * 0,87 * 1,2 * 39 = 40,72 \text{ A}$$

Перевірка: $40,72 \text{ A} \geq 24,58 \text{ A}$

За отриманим значенням струму кабелів знаходять переріз жили з урахуванням його конструктивного виконання. Слід орієнтуватися на АВВГ[8].

Для Грохоту ГИСЛ – 52, обираємо алюмінієвий кабель АВВГ 3х10, так як грохот має два асинхронних двигуна, то маємо 2 х АВВГ 3х10.

Переваги алюмінієвого кабелю:

- Відносно низька вартість (світова вартість 1т міді приблизно в 3 рази дорожче 1т алюмінію), але варто врахувати, що за провідністю алюміній поступається міді більш ніж в 1,6 рази, тобто саме в стільки разів зросте переріз алюмінієвої жили щодо мідної для передачі того ж струму;
- Безсумнівною перевагою кабелів з алюмінієвими жилами є їх більш легка вага в порівнянні з кабелями з мідними жилами (питома вага міді вище ніж у алюмінію);

Значення загального кабелю знаходимо за І законом Кірхгофа:

$$I_{p.з} = I_{p1} + I_{p2} + I_{p3} + I_{p4} \quad (2.9)$$

$$I_{p.з} = 2 * 24,58 + 18,99 + 18,99 + 18,99 = 106,13 \text{ А}$$

Аналогічно робимо розрахунки для інших електроприймачів. Результати заносимо до таблиці 2.4

Таблиця 2.4 – Результати вибору кабелів.

Найменування обладнання	I_p , А	$I_{\text{табл.доп}}$, А	$I_{\text{ф.д}}$	Переріз	Тип кабелю
Грохот ГИСЛ-52	24,58	39	40,72	10	2хАВВГ 3х10
Конвеєр стрічковий, (ЛК 2)	18,99	19	19,84	2,5	АВВГ 3х2,5

Кінець таблиці 2.4

Конвеєр стрічковий, (ЛК 3)	18,99	19	19,84	2,5	АВВГ 3х2,5
Конвеєр стрічковий, (ЛК 4)	18,99	19	19,84	2,5	АВВГ 3х2,5
Загальний кабель	106,13	110	114,84	50	АВВГ 4х50

При перевірці проводів і кабелів на допустимі втрати напруги необхідно переконатися в тому, що відхилення напруги на затискачах електроприймачів не перевищує допустимих значень.

Перевірка кабелю на допустиму втрату напруги за формулою (2.8):

$$\Delta U_{k1} = \sqrt{3} * 24,58 * (3,33 * 10^{-3} * 0,8 + 0,07 * 10^{-3} * 0,6) = 0,12 \text{ В}$$

$$\Delta U_{k2} = \sqrt{3} * 18,99 * (13,3 * 10^{-3} * 0,75 + 0,09 * 10^{-3} * 0,66) = 0,33 \text{ В}$$

$$\Delta U_{k3} = \sqrt{3} * 18,99 * (13,3 * 10^{-3} * 0,75 + 0,09 * 10^{-3} * 0,66) = 0,33 \text{ В}$$

$$\Delta U_{k4} = \sqrt{3} * 18,99 * (13,3 * 10^{-3} * 0,75 + 0,09 * 10^{-3} * 0,66) = 0,33 \text{ В}$$

$$\Delta U_{k5} = \sqrt{3} * 106,13 * (0,67 * 10^{-3} * 0,75 + 0,06 * 10^{-3} * 0,66) = 0,01 \text{ В}$$

Перевірка кабелю на допустиму втрату напруги у відсотках:

$$\Delta U_{k\%} = \frac{\Delta U_k}{U_{\text{ном}}} * 100\% \quad (2.10)$$

$$\Delta U_{k\%} = \frac{0,12}{380} * 100\% = 0,03\%$$

$$\Delta U_{k\%} = \frac{0,33}{380} * 100\% = 0,087\%$$

$$\Delta U_{k\%} = \frac{0,33}{380} * 100\% = 0,087\%$$

$$\Delta U_{k\%} = \frac{0,33}{380} * 100\% = 0,087\%$$

$$\Delta U_{k\%} = \frac{0,01}{380} * 100\% = 0,002\%$$

Обрані типи кабелів не перевищують $\pm 5\%$ від номінальної напруги. Можна зробити висновок, що кабелі обрані вірно та пройшли перевірку на допустиму втрату напруги.

2.3 Розрахунок індивідуальної компенсації реактивної потужності

Розрахунок компенсації починаємо з таких формул:

$$Q_1 = P_{\text{ном}} * tg\varphi_1, \quad (2.11)$$

де Q_1 – реактивна потужність при заданому коефіцієнті реактивної потужності;

$P_{\text{ном}}$ – номінальна потужність електрообладнання;

$tg\varphi_1$ – заданий коефіцієнт реактивної потужності.

$$Q_2 = P_{\text{ном}} * tg\varphi_2, \quad (2.12)$$

де Q_2 – реактивна потужність при бажаному коефіцієнті реактивної потужності;

$tg\varphi_2$ – бажаний коефіцієнт реактивної потужності:

$$Q_{\text{ку}} = Q_1 - Q_2, \quad (2.13)$$

де $Q_{\text{ку}}$ – реактивна потужність, яка компенсується при бажаному $\cos\varphi$

Ємність конденсатора розраховується за формулою:

$$C = \frac{Q * 10^9}{2 * \pi * f * U^2} \quad (2.14)$$

де f – частота мережі (50 Гц);

U – номінальна напруга, В;

Вихідні дані для розрахунку індивідуальної компенсації заносимо до таблиці 2.5

Таблиця 2.5 – Вихідні дані для розрахунку індивідуальної компенсації.

Найменування обладнання	$P_{\text{ном}}$, кВт	$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$
Грохот ГИСЛ-52	11	0,8	0,75
Конвеєр стрічковий, (ЛК 2)	7,5	0,75	0,88
Конвеєр стрічковий, (ЛК 3)	7,5	0,75	0,88
Конвеєр стрічковий, (ЛК 4)	7,5	0,75	0,88

Ємність компенсаторної установки визначаємо за формулою (2.14):

$$C = \frac{8,25 * 10^9}{2 * \pi * 50 * 380^2} = 181,95 \text{ мкФ}$$

$$C = \frac{6,61 * 10^9}{2 * \pi * 50 * 380^2} = 145,88 \text{ мкФ}$$

Розраховуємо реактивну потужність, що компенсується за формулою (2.11) для грохоту ГИСЛ-52:

$$Q_1 = 11 * 0,75 = 8,25 \text{ квар}$$

Бажаний та даний коефіцієнти реактивної потужності заносимо до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Коефіцієнти реактивної потужності для ГИСЛ-52

$\cos\varphi$ (заданий)	$\text{tg}\varphi$	$\cos\varphi$ (бажаний)	$\text{tg}\varphi$
0,8	0,75	0,82	0,7
		0,85	0,62
		0,9	0,48
		0,97	0,25

За формулами (2.12) та (2.13) розраховуємо реактивні потужності, за формулою (2.5) струм після компенсації та дані заносимо до таблиці 2.7

Таблиця 2.7 – Реактивні потужності при бажаних значеннях для ГИСЛ -52

Q_1 , квар	Q_2 , квар	$Q_{кв}$, квар	I , А
8,25	7,68	0,57	23,98
8,25	6,82	1,43	23,13
8,25	5,33	2,92	21,85
8,25	2,76	5,49	20,27

На основі розрахованих даних, побудуємо графік в залежності струм після компенсації (I) від бажаного $\cos\varphi$:

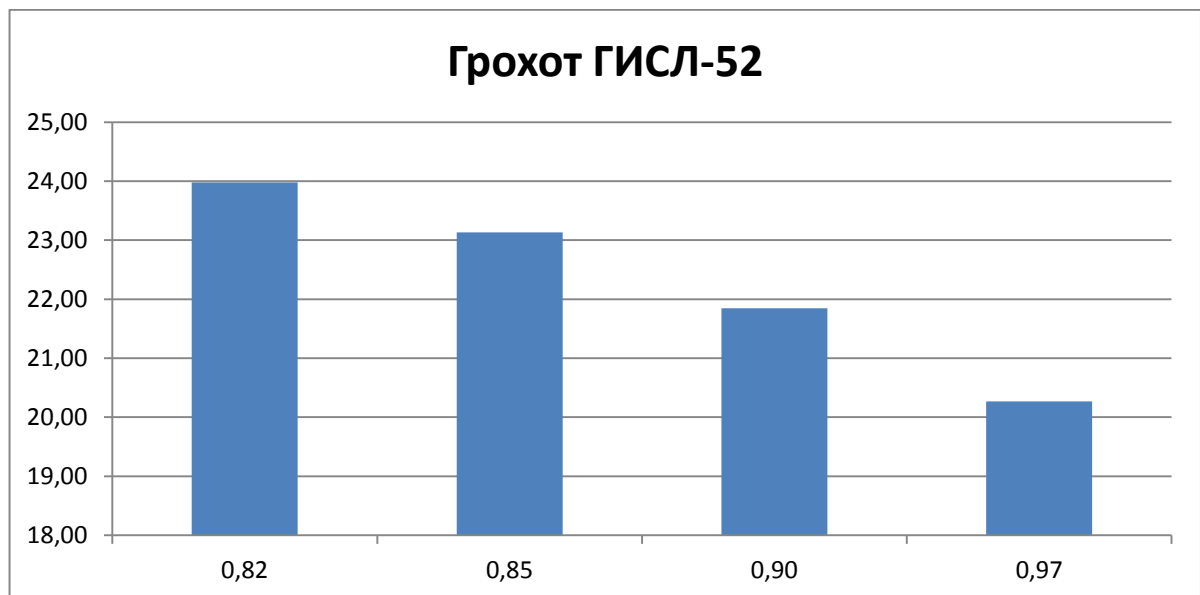


Рис.2.1 – Графік залежності струму після компенсації від коефіцієнту потужності

З даних вище, можна побачити, що при найбільшому значенні $\cos\varphi$, значення струму після компенсації найменше.

Для Грохоту ГИСЛ – 52 обираємо компенсаторну установку КРМ «ВЕГ» 0,4 20/2,5.

Аналогічно розраховуємо компенсацію для стрічкових конвеєрів (ЛК 2, ЛК 3, ЛК 4). Бажаний та даний коефіцієнти реактивної потужності заносимо до таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 - Реактивні потужності при бажаних значеннях для ЛК 2, ЛК 3, ЛК 4

$\cos\varphi$ (заданий)	$\operatorname{tg}\varphi$	$\cos\varphi$ (бажаний)	$\operatorname{tg}\varphi$
0,75	0,88	0,82	0,7
		0,85	0,62
		0,9	0,48
		0,97	0,25

За формулами (2.13) та (2.14) розраховуємо реактивні потужності, за формулою (2.5) струм після компенсації та дані заносимо до таблиці 2.9

Таблиця 2.9 - Реактивні потужності при бажаних значеннях для ЛК 2, ЛК 3, ЛК 4

Q_1 , квар	Q_2 , квар	$Q_{\text{кв}}$, квар	I, А
6,61	5,24	0,99	17,37
6,61	4,65	1,97	16,76
6,61	3,63	2,98	15,83
6,61	1,88	4,73	14,68

Для стрічкових конвеєрів ЛК 2, ЛК 3, ЛК 4 за отриманими даними обираємо компенсаторну установку КРМ «ВЕГ» 0,4 15/2,5

На основі розрахованих даних, побудуємо графік в залежності струм після компенсації (I) від бажаного $\cos\varphi$:

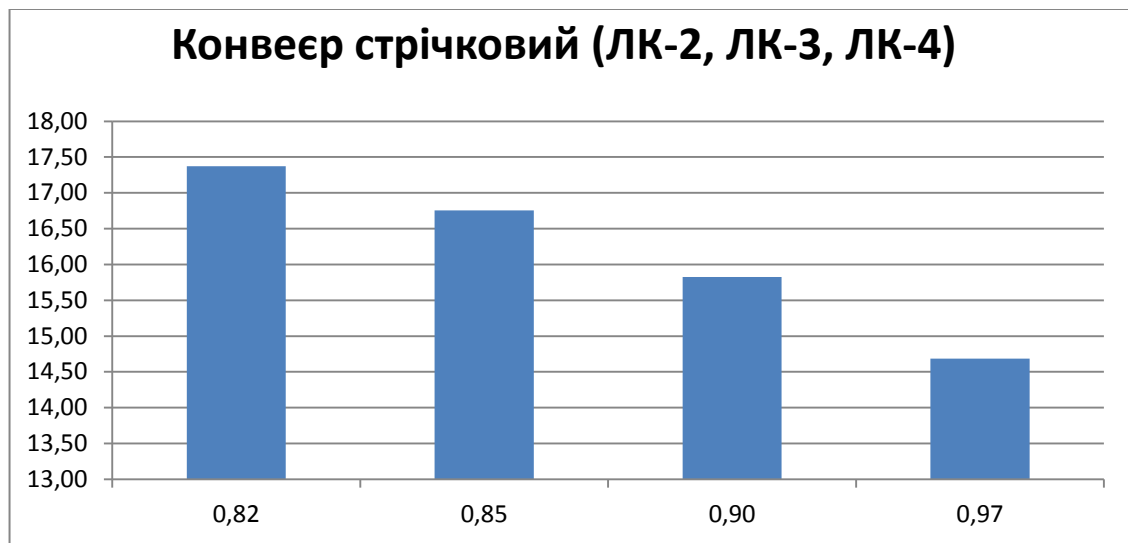


Рис.2.2 – Графік залежності струму після компенсації від коефіцієнту потужності

Перевірка асинхронного двигуна на самозбудження.

При компенсації окремих асинхронних двигунів необхідно дотримуватися безпеки, задля того щоб уникнути такого явища, як самозбудження. Самозбудження виникає тоді, коли двигун вимикається від джерела, але все ще по інерції продовжує обертатися до зупинки. Якщо до клем двигуна (при відключенні напруги) підключено компенсуючий пристрій, ємкісні струми конденсатора, які протікають по обмотках статора генерують магнітне поле в роторі, напрям якого співпадає з магнітним полем. Таким чином, двигун продовжує працювати в режимі генератора, що може викликати перенапругу на клеммах двигуна.

$$Q_{\text{комп}} = P * (tg\varphi_{\text{задан}} - tg\varphi_{\text{бажан}}) \quad (2.15)$$

$$Q_{\text{гран}} = 0,9 * \sqrt{3} * U_{\text{ном}} * I_0 \quad (2.16)$$

де $Q_{\text{гран}}$ – гранична реактивна потужність;

I_0 – струм холостого ходу;

Повинна виконуватись умова:

$$Q_{\text{гран}} \geq Q_{\text{комп}} \quad (2.17)$$

Робимо розрахунок граничної реактивної потужності для Грохоту ГИСЛ – 52 та стрічкових конвеєрів ЛК 2, ЛК 3, ЛК 4:

$$Q_{\text{гран(Грохот)}} = 0,9 * \sqrt{3} * 0,38 * 29,5 = 17,47 \text{ квар}$$

$$Q_{\text{гран(конвеєр)}} = 0,9 * \sqrt{3} * 0,38 * 11,4 = 6,75 \text{ квар}$$

Дані для порівняння значень заносимо до таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Значення для порівняння $Q_{\text{гран}}$ та $Q_{\text{комп}}$.

$Q_{\text{комп(Грохот)}}$	$Q_{\text{гран}}$	$Q_{\text{комп(конвеєр)}}$	$Q_{\text{гран}}$
0,57	17,47	0,99	6,75
1,43		1,97	
2,92		2,98	
5,49		4,73	

Згідно даних зазначених вище, можна зробити висновок, що двигуни пройшли перевірку і вірогідність виникнення явища самозбудження відсутня.

Теплові (Джоулеві) втрати отримуємо за формулою (2.11). Вихідні дані та розрахункові значення до та після компенсації заносимо до таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 - Вихідні дані та розрахункові значення до та після компенсації

Назва кабелю	$R_{\text{л}}, \text{ мОм/м}$	$I_{\text{р(до комп)}}, \text{ А}$	$I_{\text{р(після комп)}}, \text{ А}$	$P_{\text{п(до комп)}}, \text{ Вт}$	$P_{\text{п(після комп)}}$
АВВГ 3х10	3,33	24,58	20,27	2,01	1,36
АВВГ 3х10	3,33	24,58	20,27	2,01	1,36
АВВГ 3х2.5	13,3	18,99	14,68	4,80	2,87
АВВГ 3х2.5	13,3	18,99	14,68	4,80	2,87
АВВГ 3х2.5	13,3	18,99	14,68	4,80	2,87

На основі розрахованих даних отримаємо залежність теплових втрат від збільшення $\cos\phi$. Чим більший $\cos\phi$, тим менші теплові втрати.

Для Грохоту ГИСЛ-52:

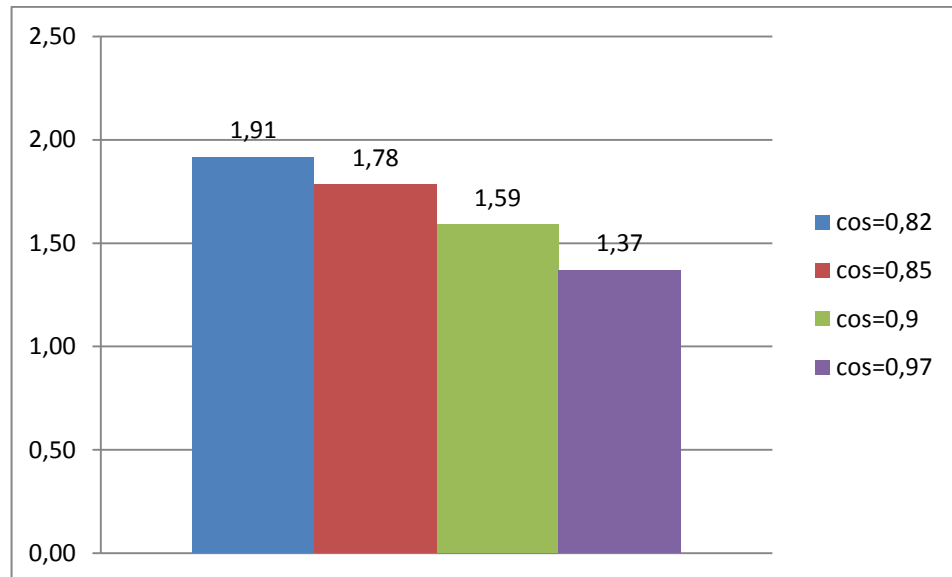


Рис.2.4 – Залежність теплових втрат від коефіцієнту потужності для ГИСЛ-52

Для стрічкових конвеєрів:

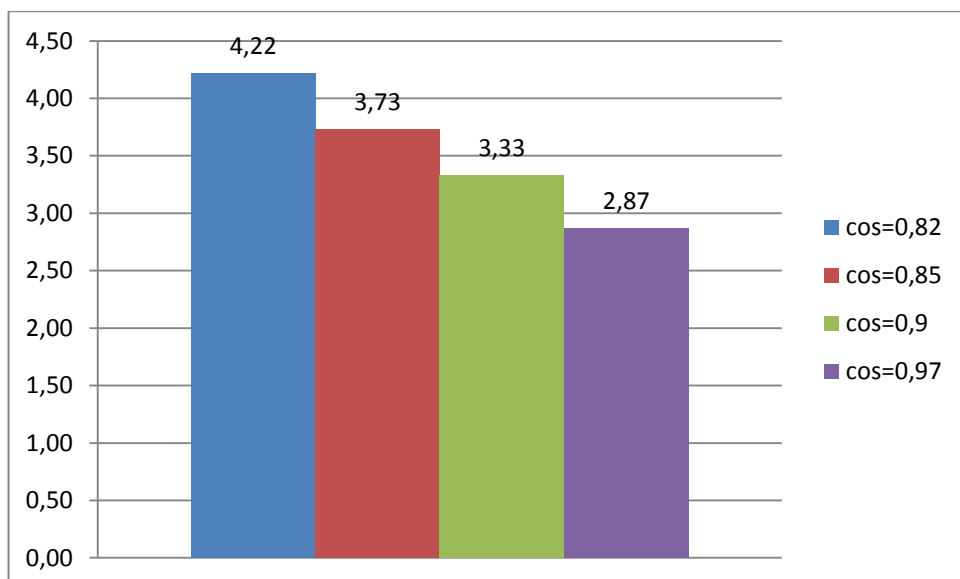


Рис.2.5 – Залежність теплових втрат від коефіцієнту потужності для ЛК 2, ЛК 3, ЛК 4

Знаходимо суму втрат активної потужності в жилах провідників до та після компенсації:

$$\sum P_{\text{п(до)}} = 2,01 + 2,01 + 4,8 + 4,8 + 4,8 = 18,41 \text{ Вт}$$

$$\sum P_{\text{п(після)}} = 1,34 + 1,34 + 2,81 + 2,81 + 2,81 = 11,33 \text{ Вт}$$

Економія теплових втрат за рахунок компенсації:

$$\Delta P_{\text{п}} = 18,41 - 11,33 = 7,08 \text{ Вт}$$

2.4 Розрахунок групової компенсації реактивної потужності

Вихідні дані для розрахунку групової компенсації заносимо до таблиці 2.12

Таблиця 2.12 – Вихідні дані для розрахунку групової компенсації

Найменування обладнання	$P_{\text{ном}}$, кВт	$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$	$I(\text{до комп})$, А
Грохот ГИСЛ-52	11	0,8	0,75	24,58
Конвеєр стрічковий ЛК 2	7,5	0,75	0,88	18,99
Конвеєр стрічковий ЛК 3	7,5	0,75	0,88	18,99
Конвеєр стрічковий ЛК 4	7,5	0,75	0,88	18,99
Разом	33,5	0,76	0,85	106,13

За формулами (2.11), (2.12), (2.13) розраховуємо реактивні потужності при заданому, бажаному косинусі, а також струм після компенсації. Результати розрахунків заносимо до таблиці 2.13

Таблиця 2.13 – Результати розрахунків при груповій компенсації

$\cos\varphi$ (бажаний)	$\operatorname{tg}\varphi$ (бажаний)	Q_1 , квар	Q_2 , квар	$Q_{\text{кв}}$, квар	I (після комп)
0,8	0,75	28,43	25,13	3,3	79,53
0,85	0,62	28,43	20,76	7,66	74,85
0,9	0,48	28,43	16,22	12,2	70,69
0,97	0,25	28,43	8,4	20,03	65,59

За розрахованими даними, для групової компенсації обираємо Q-Box-50-2,5-4-IP54.

Аналогічно будуємо графік для групової компенсації. В залежності від значення косинуса, струм після компенсації буде зменшуватися.

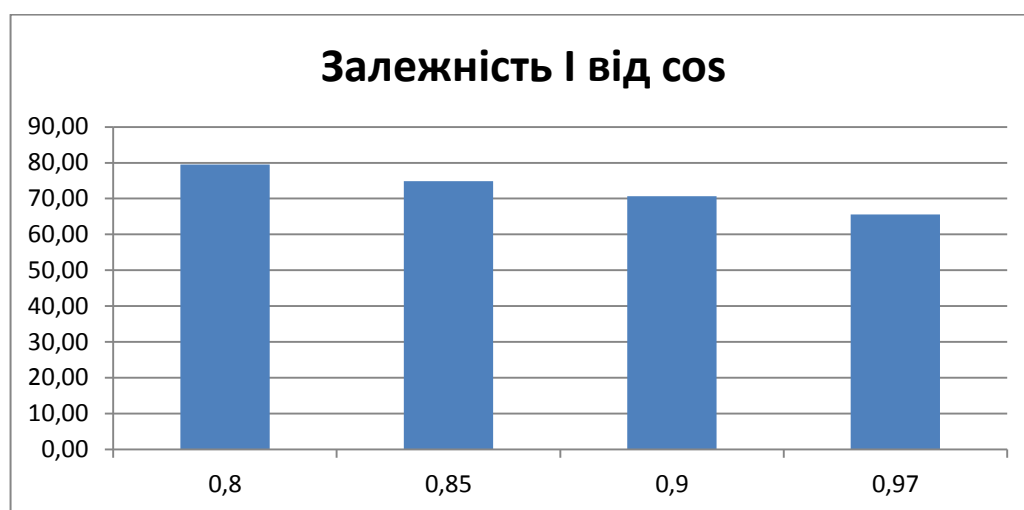


Рис. 2.7 – Графік залежності струму після компенсації від коефіцієнта потужності

Теплові (Джоулеві) втрати отримуємо за формулою (1.3).

Вихідні дані та розрахункові значення до та після компенсації заносимо до таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 - Вихідні дані та розрахункові значення до та після компенсації

Назва	$R_{\text{л}}, \text{мОм/м}$	$I_{\text{р}}(\text{до комп}), \text{А}$	$I_{\text{р}}(\text{після комп}), \text{А}$	$P_{\text{п}}(\text{до комп}), \text{Вт}$	$P_{\text{п}}(\text{після комп})$
АВВГ 4х50	0,67	106,13	65,59	7,55	2,8

Аналогічно до минулої схеми, будуємо графік залежностей теплових втрат від коефіцієнту потужності:

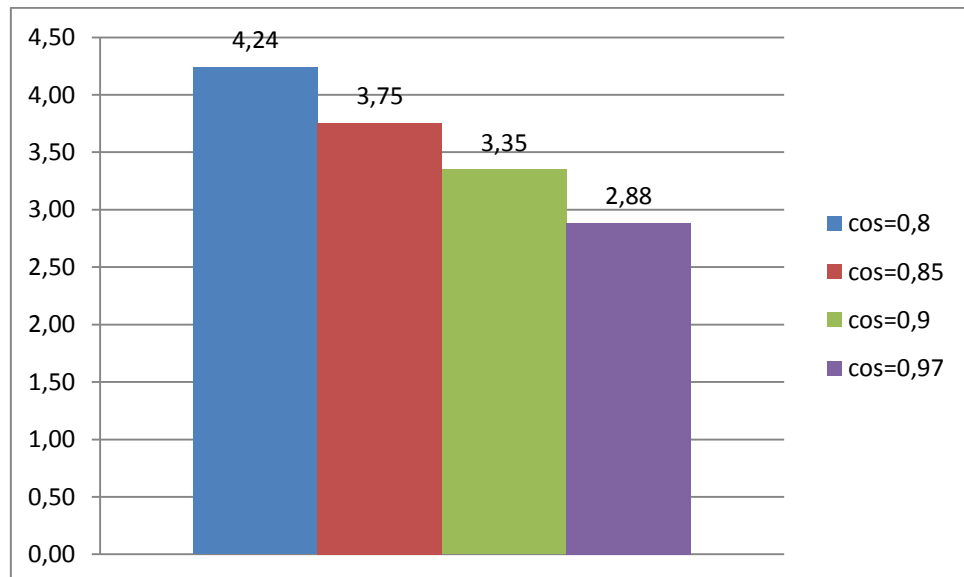


Рис.2.9 – Залежність теплових втрат від коефіцієнту потужності для ЛК 2, ЛК 3, ЛК 4

Економія теплових втрат за рахунок компенсації

$$\Delta P_{\text{п}} = 7,55 - 2,82 = 4,66 \text{ Вт}$$

ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Аналіз небезпечних та шкідливих чинників на підприємстві з переробки антрациту

В дипломному проекті було розроблено заходи зі зменшення втрат енергії за рахунок впровадження компенсуючих установок на підприємстві.

Було розраховано два види компенсації – індивідуальна та групова. При індивідуальній компенсації будуть застосовуватися КРМ «ВЕГ» 0,4 20/2,5 та КРМ «ВЕГ» 0,4 15/2,5. Для групової компенсації за розрахованими даними найкраще підійде Q-Vox-50-2,5-4-IP54.

При проведенні робіт на підприємстві з переробки антрациту можуть мати місце такі небезпечні та шкідливі фактори:

- поразка машинами та обладнанням;
- дія електричного струму;
- шкідливі речовини при вдиханні повітря;
- отруєння шкідливими речовинами;
- виробничий шум;
- вібрація;
- наявність напруги на струмопровідних частинах електрообладнання;
- поразка транспортними засобами;
- падіння матеріалів, таких як вугілля, сипучі матеріали;
- атмосферні та комутаційні перенапруження;
- небезпека отримання персоналу механічних пошкоджень під час монтажних та демонтажних робіт.

3.2 Інженерно-технічні заходи щодо охорони праці

При виявленні несправності електрообладнання необхідно припинити роботу та сповістити про це особі технічного нагляду. Забороняється проводити роботу на несправному обладнанні, задля уникнення нещасних випадків необхідно вивісити забороняючі плакати.

Перед ремонтом, монтажем електрообладнання необхідно перевірити робоче місце – чи відключені струмопровідні частини та вжити заходи з виключення подання напруги. Після закінчення монтажних або ремонтних робіт, особа, яка їх проводила, має зняти або замінити попереджувальні плакати.

Для захисту від поразення електричним струмом існують індивідуальні та загальні засоби захисту.

До індивідуальних відносять діелектричні рукавиці, калоші, інструменти з дерев'яними ручками. Загальні засоби включають в себе заземлення, занулення та відключення.

Захист від шуму повинен забезпечуватися розробкою шумобезпечної техніки, застосування засобів індивідуального захисту. Зниження шуму в джерелі досягається за рахунок покращення конструкції обладнання, зміни технологічного процесу. Засоби індивідуального захисту можна застосовувати в тому випадку, якщо іншими заходами не вдається запобігти шуму. До даного виду відносяться: беруші, навушники, шлеми та каски, спеціальні костюми.

Зниження дії вібрації досягається такими способами: віброізоляція (ізолятори між машиною та робочою площадкою), віброгасіння (введення додаткових мас або збільшення жорсткості системи), вибір техніки та обладнання, які виключають ударні та різкі динамічні процеси.

3.3 Пожежна профілактика

Підприємство з переробки антрациту по вибухопожежонебезпеці прирівнюється до приміщень категорії В – відносяться тверді речовини, які

спалюються та матеріали, які здатні тільки горіти, але не вибухатися при контакті з повітрям, водою або одне з одним.

Для профілактики та боротьби з пожежами на гірничих підприємствах прокладаються пожежно-зрошувальні водопроводи, що забезпечують подачу води з необхідним напором; на території розміщуються первинні засоби для гасіння – ручні, пересувні та стаціонарні установки та вогнегасники з використанням порошкових, газових і пінних вогнегасних складів.

Для приміщень і зовнішніх технологічних установок категорій А, Б і В за вибухопожежною небезпекою передбачається запас піску 0,5 куб. метра на кожні 500 кв. метрів площі, яка захищаються.

Електродвигуни, світильники, проводка, розподільні пристрої повинні очищатися від горючого пилу не рідше двох разів на місяць, а в зонах зі значним виділенням пилу - не рідше одного разу в тиждень. Необхідно використовувати системи пожежної автоматики, з регулярною перевіркою.

В процесі експлуатації необхідно стежити за рівномірним навантаженням по фазах однофазних електроприймачів - освітлення, електронагрівальних приладів, тому що по робочому нульового проводу протікає струм, величина якого може досягати величини фазного струму. Тому перетин нульового проводу в освітлювальних установках з газорозрядними лампами повинен бути рівним перетину фазних проводів.

Основними методами підвищення пожежної безпеки електроустановок є їх виконання відповідно до ПУЕ, правильний вибір захисту від коротких замикань і перевантажень, дотримання вимог правил технічної експлуатації електроустановок по режиму навантаження, ремонтним роботам і т.д. Не допускається перевантаження проводів та електрообладнання. При виявленні надмірного нагрівання контактів і проводів необхідно вжити заходів з розвантаження або відключення установки.

При пожежі на пультах і щитах управління знімають з них напругу і гасять вуглекислотними вогнегасниками, піском. При пожежі в кабельних каналах

знімають напругу і гасять компактною струменем води. У початковій стадії місце горіння можна засипати піском. Вентиляцію слід відключити.

3.4 Розрахунок захисного заземлення

Згідно з ПУЕ в установках з малими струмами замикання на землю розрахунковий однофазний (ємнісний) струм замикань на землю приблизно може бути визначений за формулою:

$$I_3 = \frac{U_L}{350} (3,5 * l_{к.л} + l_{в.л}) \quad (3.1)$$

де U_L – лінійна напруга, кВ;

$l_{к.л}$, $l_{в.л}$ – довжина кабельної лінії та повітряної лінії, км

$$I_3 = \frac{0,38}{350} * 3,5 * 0,3 = 1,14 \text{ А}$$

Визначається припустимий опір заземлюючого пристрою згідно ПУЕ.

$$r=4 \text{ Ом}$$

Підраховується опір природних заземлювачів за формулами (3.2) та (3.3).

- для вертикального круглого чи косинцевого заземлювача в поверхні землі:

$$R = \frac{\rho}{2 * \pi * l} * \ln \frac{4 * l}{d} \quad (3.2)$$

де ρ – питомий опір ґрунту, Ом*м (згідно справочних даних);

l – довжина заземлювача, м;

d – діаметр круглого заземлювача, м.

Розраховуємо опір природних заземлювачів для Грохоту:

$$R = \frac{9}{2 * \pi * 2,5} * \ln \frac{4 * 2,5}{0,05} = 3,04 \text{ Ом}$$

Аналогічно розраховуємо для стрічкових конвеєрів:

$$R = \frac{9}{2 * \pi * 2} * \ln \frac{4 * 2}{0,03} = 4 \text{ Ом}$$

- те ж для зануреного в землю на t_0 від поверхні:

$$R = \frac{\rho}{2 * \pi * l} * \left(\ln \frac{2 * l}{d} + \frac{1}{2} * \ln \frac{4 * t + l}{4 * t - l} \right) \quad (3.3)$$

де t - відстань від поверхні землі до центра заземлювача, м.

Для Грохоту:

$$R = \frac{9}{2 * \pi * 2,5} * \left(\ln \frac{2 * 2,5}{0,05} + \frac{1}{2} * \ln \frac{4 * 1,5 + 2,5}{4 * 1,5 - 2,5} \right) = 2,89 \text{ Ом}$$

Аналогічно для стрічкових конвеєрів:

$$R = \frac{9}{2 * \pi * 2} * \left(\ln \frac{2 * 2}{0,03} + \frac{1}{2} * \ln \frac{4 * 1,3 + 2}{4 * 1,3 - 2} \right) = 3,8 \text{ Ом}$$

Опір розтіканню природних заземлювачів системи "грозозахисний трос – опори" R_l при кількості опор із тросом більш 20 визначається за формулою:

$$R_l = \sqrt{r_{\text{оп}} * \frac{r_m}{n_m}}, \quad (3.4)$$

де r_{on} - опір заземлення однієї опори, Ом (приймається з урахуванням сезонних коливань питомого опору ґрунту зі справочних даних);

n_m - число тросів на опорі.

r_m - активний опір сталевого троса перетином $S, \text{мм}^2$, на довжині одного прольоту l , м та розраховується за формулою:

$$r_m = 0,15 * \frac{l}{S} \quad (3.5)$$

Робимо розрахунок для Грохоту:

$$R_l = \sqrt{4 * \frac{0,15 * \frac{2,5}{0,75}}{20}} = 0,32 \text{ Ом}$$

Для стрічкових конвеєрів:

$$R_l = \sqrt{4 * \frac{0,15 * \frac{2}{0,7}}{20}} = 0,29 \text{ Ом}$$

Визначається необхідний опір штучних заземлювачів:

$$R_{\text{и}} = \frac{R_l * R_{\text{ПUE}}}{R_l - R_{\text{ПUE}}} \quad (3.6)$$

де R_l – опір по розтіканню природних заземлювачів;

$R_{\text{ПUE}}$ - припустимий опір по розтіканню заземлюючого пристрою згідно з ПУЕ.

Для Грохоту:

$$R_{\text{и}} = \frac{0,32 * 0,2}{0,32 - 0,2} = 0,54 \text{ Ом}$$

Для стрічкових конвєєрів:

$$R_{\text{и}} = \frac{0,29 * 0,2}{0,29 - 0,2} = 0,63 \text{ Ом}$$

Розрахунковий опір заземлювача буде:

$$R = \frac{R_B * R_{\Gamma}}{R_B * \eta_{\Gamma} + R_{\Gamma} * \eta_B * n} \quad (3.7)$$

де R_B - величина опору одного вертикального електрода;

R_{Γ} – опір горизонтальних електродів;

$\eta_{\text{в}}, \eta_{\text{г}}$ - коефіцієнт використання вертикальних і горизонтальних електродів (визначається за справочними даними).

Визначаємо розрахунковий опір заземлювача для Грохоту і для стрічкових конвєєрів:

$$R = \frac{3,04 * 2,89}{3,04 * 0,67 + 2,89 * 0,48 * 20} = 0,29 \text{ Ом}$$

$$R = \frac{4 * 3,8}{4 * 0,67 + 3,8 * 0,48 * 20} = 0,3 \text{ Ом}$$

Отримане значення опору порівнюється з необхідним опором штучного заземлювача, визначеним за формулою (3.6). При великих розбіжностях параметри заземлюючого пристрою змінюються і проводиться перерахунок для забезпечення необхідної безпеки експлуатації електроустановок.

Згідно вище розрахованих захисних заземлень, порівнявши всі отримані опори, можна зробити висновок, що пораховані значення не перевищують норми.

ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Актуальність завдання

У дипломній роботі вирішується завдання енергозбереження шляхом аналізу і розрахунку всіх складових втрат енергії в асинхронних двигунах в технологічній лінії переробки антрациту. Реактивна потужність – потужність, яка виробляється електродвигунами, трансформаторами та іншим електрообладнанням. Енергія реактивної потужності не пов'язана з виконанням корисної роботи, а тільки витрачається на створення магнітних полів в електродвигунах. Внаслідок чого підвищується вартість електричної енергії, зниження її якості, рівня напруги, з'являється необхідність збільшення перетинів кабелів.

Компенсація реактивної потужності - вплив на баланс реактивної потужності з метою зниження втрат електроенергії в провідниках. Вона є дуже актуальною на підприємствах з великою кількістю асинхронних двигунів та наслідок чого коефіцієнт потужності в межах від 0,7 до 0,75.

Аналіз результатів дасть можливість вибрати, який вид компенсації буде більш економічним, де компенсація буде краще, і на цій підставі, втрати енергії будуть менше.

В економічному розділі необхідно визначити:

- капітальні витрати, які пов'язані з компенсацією реактивної потужності;
- експлуатаційні витрати, які буде нести підприємство для компенсації реактивної потужності.

Рішенням зменшення витрат енергії є вибір більш вигідного варіанту компенсації реактивної потужності з технічної та економічної точки зору.

4.2 Розрахунок капітальних витрат

Капітальні інвестиції – це кошти, призначені для створення і придбання основних фондів і нематеріальних активів, що підлягають амортизації[15].

Капітальні інвестиції з реалізації проектного технічного рішення можуть включати:

- витрати на придбання обладнання, техніки, технології, технічних засобів контролю та обліку витрачання ресурсів, приладів діагностики стану обладнання тощо;
- витрати, пов'язані з виконанням будівельно-монтажних робіт;
- витрати, пов'язані з виконанням монтажно-налагоджувальних робіт;
- витрати фінансових коштів на проведення проектно-конструкторських робіт, підготовку персоналу та виконання інших робіт, необхідних для реалізації технічного рішення.

При визначенні величини проектних капіталовкладень (K_{np}) можна скористатися формулою:

$$K_{np} = K_{об}(\sum_{i=1}^k C_i) + Z_{тзс} + Z_{мн} \quad (4.1)$$

де $K_{об}(\sum_{i=1}^k C_i)$ - вартість придбання електрообладнання (засобів автоматизації, програмного забезпечення тощо) за проектом або сумарна вартість комплектуючих елементів i -го виду, необхідних для реалізації прийнятого технічного рішення;

k - кількість необхідних комплектуючих елементів;

$Z_{тзс}$ - транспортно-заготівельні і складські витрати;

$Z_{мн}$ – витрати на монтажно-налагоджувальні роботи.

Доцільно витрати на придбання технічних засобів або комплектуючих виробів представити у вигляді зведення капітальних витрат (табл. 4.1) згідно даних магазину «VoltEnergо Group» (Головний офіс магазину: м. Київ, вул.

Янтарна, 5-В, тел.: 044 501-33-11) та виробництва «ЕДС – інжиніринг» (Головний офіс: Верхоянська вул., 49, Дніпро, Дніпропетровська область, 49000, тел. +38 056 731-95-78).

Визначення капітальних витрат по проектуваному варіанту:

Витрати на придбання компенсуючих установок занесемо до таблиці 4.1

Таблиця 4.1- Розрахунок вартості електрообладнання

Найменування	Тип	Ціна(грн/1 шт)	Кількість шт.	Загальна вартість обладнання , $K_{об}$
Індивідуальна компенсація	КРМ «ВЕГ» 0,4 20/2,5	12235	2	59087
	КРМ «ВЕГ» 0,4 15/2,5	11539	3	
Компенсація на вводі	Q-Вох	45054	1	45054

Для 1 варіанту:

$$K_{об} = 59087 \text{ грн}$$

Для 2 варіанту:

$$K_{об} = 45054 \text{ грн}$$

Вартість транспортно-заготівельних і складських витрат визначається виходячи з:

- відстані доставки обладнання від місця придбання до місця експлуатації;
- кількості, маси і габаритів установки;
- виду транспортних засобів;
- транспортних тарифів.

Тому транспортно-заготівельні витрати визначаються з послуг доставки.

У вартість монтажно-налагоджувальних робіт входить підключення компенсаторної установки та її налаштування. Тому вартість таких послуг розраховується по формулі:

$$З_{\text{мн}} = \sum (Ч_i * a_i * t_i) * K_{\text{д}} * K_{\text{пр}} \quad (4.2)$$

де $Ч_i$ – чисельність працівників, необхідних для монтажних та налагоджувальних робіт, чел.;

a_i – годинна тарифна ставка працівника, грн.;

t_i – час, необхідний для виконання певного обсягу робіт, год;

$K_{\text{д}}$ – коефіцієнт, що враховує обсяг доплат;

$K_{\text{пр}}$ – коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення робіт.

Розраховуємо вартість монтажних та налагоджувальних робіт для індивідуальної компенсації:

$$З_{\text{мн}} = (3 * 85 * 4) * 1,14 * 1,2 + (2 * 70 * 4) * 1,14 * 1,2 = 2161 \text{ грн}$$

Аналогічний розрахунок для централізованої компенсації:

$$З_{\text{мн}} = (2 * 85 * 4) * 1,14 * 1,2 + (2 * 70 * 4) * 1,14 * 1,2 = 1696 \text{ грн}$$

Вартість додаткових витрат заносимо до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Додаткові витрати

Вид витрат	Загальна вартість (1 варіант), грн.	Загальна вартість (2 варіант), грн.
Монтажно- налагоджувальні роботи	2161	1696
Транспортно– заготівельні і складські витрати	1500	1000

Загальні капітальні інвестиції для 1-го варіанту:

$$K = 59087 + 2161 + 1500 = 62748$$

Загальні капітальні інвестиції для 2-го варіанту:

$$K = 45054 + 1696 + 1000 = 47750$$

4.3 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати - це поточні витрати на забезпечення працездатності основних засобів протягом усього терміну їх експлуатації. Під поточними витратами розуміються витрати на виробництво і продаж. Вони будуть відрізнятися в залежності від специфіки діяльності організації. До основних статей експлуатаційних витрат по електротехнічному устаткуванню та енергомережам відносяться[15]:

1. Амортизаційні відрахування (C_a);
2. Витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування та мереж ($C_{пр}$);
3. Заробітна плата обслуговуючого персоналу (C_3).
4. Єдиний соціальний внесок (C_c).

Річні експлуатаційні витрати складають:

$$C = C_a + C_{пр} + C_3 + C_c \quad (4.6)$$

4.3.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Систематичний розподіл вартості необоротних архівів називається *амортизацією*.

Норма амортизації – встановлений річний відсоток при відшкодуванні вартості зношених частин основних фондів.

Норма амортизації для електрообладнання розраховується у відповідності до строку корисного використання, мінімальне значення якого за даними Податкового кодексу України становить 5 років.

Норма амортизації розраховується за формулою:

$$H_a = \frac{\Phi_n - \Phi_l}{\Phi_n * T_n} \quad (4.7)$$

де $T_n=5$ років для машин та обладнання

Φ_n – первісна вартість об'єкта.

Φ_l – розрахункова ліквідаційна вартість основних засобів ($\Phi_l=0$).

Норма амортизації для 1-го варіанту:

$$H_a = \frac{62748 - 0}{62748 * 5} * 100 = 20\%$$

Аналогічно, розраховуємо для 2-го варіанту:

$$H_a = \frac{47750 - 0}{47750 * 5} = 20\%$$

Тоді, річні амортизаційні відрахування за прямолінійним методом:

$$AO = \frac{\Phi_n * H_a}{100} \quad (4.8)$$

де Φ_n – первісна вартість об'єкта основних засобів;

Якщо визначити очікувану ліквідаційну вартість об'єкта основних засобів складно, то при прямолінійному методі амортизації дозволяється вважати її рівною нулю.

Тоді, для 1-го варіанту річні амортизаційні відрахування складають:

$$AO = \frac{62748 * 20}{100} = 12549 \text{ грн.}$$

А для 2-го варіанту:

$$AO = \frac{47750 * 20}{100} = 9550 \text{ грн}$$

4.3.2. Розрахунок річного фонду заробітної плати

Основна заробітна плата працівників – це винагорода за виконану роботу відповідно до встановлених норм праці (норми часу, виробітку, обслуговування, посадові обов'язки). Вона визначається тарифними ставками і відрядними розцінками, посадовими окладами для спеціалістів, службовців і керівників. При визначенні основної заробітної плати робітників (за відрядною або погодинною формами оплати) необхідно знати погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду та розрахувати номінальний річний фонд робочого часу робітника.

$$F_H = (D_K - D_{CB} - D_{BIX} - D_{CBH}) * T_{ЗМ} \quad (4.9)$$

де D_K , D_{CB} , D_{BIX} – кількість календарних, святкових і вихідних днів у році відповідно;

D_{CBH} - кількість днів, що передують святковим та неробочим, у які тривалість робочого дня (зміни) при 40-годинному тижні зменшується на 1 годину (число місяця, в яке скорочується тривалість робочого дня);

$T_{ЗМ}$ – тривалість зміни, годин

$$\Phi_d = (365 - 10 - 101 - 5) * 8 = 1993 \text{ год}$$

Чисельність робітників, яка необхідна для технічного обслуговування всього електроустаткування – 2 чол. Розраховуємо годинну тарифну ставку:

$$t_{\text{грн}} = (K_5) * C_I \quad (4.10)$$

де K_5 – тарифний коефіцієнт V розряду, відповідно;

C_I – годинна тарифна ставка.

Підставляємо числа та отримуємо:

$$t_{\text{грн}} = 2,16 * 40 = 86,4 \left(\frac{\text{грн}}{\text{год}} \right)$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

$$\Phi_{\text{ор}} = \text{Ч}_{\text{обс}} * t_{\text{грн}} * \Phi_{\text{д}} \quad (4.11)$$

$$\Phi_{\text{ор}} = 2 * 86,4 * 1993 = 344390 \text{ грн}$$

Величина додаткової заробітної плати визначається в розмірі 7% від фонду основної заробітної плати. Тому сумарна величина фонду з врахуванням додаткової заробітної плати складе, грн./рік:

$$\Phi_{\text{орд}} = 1,07 * 344390 = 368497 \text{ грн.}$$

Розрахунок річного фонду заносимо до таблиці 4.4.

Таблиця 4.3 – Розрахунок річного фонду

$\Phi_{\text{ор}}$	Основна заробітна плата	344390 грн
$\Phi_{\text{орд}}$	Річний фонд ЗП	368497 грн

4.3.3 Розрахунок відрахувань на соціальні заходи

Єдиний соціальний внесок приймається на підставі встановленого чинним законодавством відсотка від суми основної та додаткової заробітної плати. Законодавством України на 2019 рік єдиний соціальний внесок дорівнює 22%.

$$C_c = C_z * 0,22 = 368497 * 0,22 = 81069 \text{ грн}$$

4.3.4 Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт електротехнічного обладнання включають витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтним робітникам і можуть визначатися за фактичними даними підприємства або укрупнено у відсотках до капітальних витрат :

- для електрообладнання – 1%

Для 1-го варіанту:

$$C_{пр} = 0,01 * 59087 = 591 \text{ грн}$$

Для 2-го варіанту:

$$C_{пр} = 0,01 * 45054 = 451 \text{ грн}$$

Таким чином, річні експлуатаційні витрати складуть:

$C = 12549 + 591 + 368497 + 81069 = 462706 \text{ грн}$ – для індивідуальної компенсації.

$C = 9550 + 451 + 368497 + 81069 = 459567 \text{ грн}$ – для групової компенсації.

4.4 Висновок

При розрахунку даної частини дипломного проекту були розроблені такі основні положення:

- Розрахунок капітальних витрат для 1-го та 2-го варіантів компенсації реактивної потужності:

$K_{\text{пр}} = 62748$ грн – для 1-го варіанту;

$K_{\text{пр}} = 47750$ грн – для 2-го варіанту.

- Розрахунок експлуатаційних витрат для 1-го та 2-го варіанту:

Для індивідуальної компенсації: $C=462706$ грн;

Для групової компенсації: $C=459567$ грн.

Проаналізувавши наведені вище розрахунки, можна порівняти 1-ий та 2-ий варіанти компенсації реактивної потужності.

1 варіант (індивідуальна компенсація) є більш ефективною з точки зору ступеня зменшення втрат енергії в проводах кабельних ліній системи електропостачання. Водночас, при врахуванні економічної складової, індивідуальна компенсація менш вигідна (в порівнянні з груповою), оскільки через велику кількість компенсаторних пристроїв капітальні та експлуатаційні витрати мають більші значення. Тобто, коли $K_1 > K_2$ та $C_1 > C_2$, то приймається 2 варіант, тому що він характеризується меншими значеннями капітальних та річних експлуатаційних витрат.

ВИСНОВКИ

У відповідності з поставленим завданням в дипломній роботі було запропоновано заходи щодо зменшення втрат електричної енергії в технологічній лінії переробки антрациту.

Основні результати роботи полягають у наступному:

1. Проаналізовано кількість споживаної активної, реактивної та повної потужності підприємства, визначено характер навантаження. Значна складова реактивної потужності в структурі навантаження зумовила необхідність застосовування установок для компенсації реактивної потужності.

2. Розраховано та обрано типи кабелів, які забезпечать надійність та якість передачі електричної енергії. Для грохоту – АВВГ 3х10, для конвеєрів – АВВГ 3х2,5 та загальний кабель – АВВГ 4х50.

3. При збільшенні коефіцієнту потужності $\cos\phi$, значення сили струму в проводах ліній електропередачі зменшується, що обумовлює зниження рівня теплових втрат енергії згідно закону Джоуля-Ленца.

4. Співставлення результатів розрахунків індивідуальної та групової компенсації показало, що з технічної точки зору індивідуальна компенсація є більш ефективною, оскільки вона забезпечує менші значення теплових втрат енергії в проводах ліній електропередачі.

5. В той же час, в умовах наявності великої кількості компенсуючих пристроїв, спосіб індивідуального підключення не можна вважати економічно доцільним через те, що він характеризується більшими значеннями капітальних та річних експлуатаційних витрат в порівнянні з груповим.

У розділі з охорони праці розроблені небезпечні фактори та чинники при роботі з електрообладнанням, інженерно-технічні заходи щодо усунення негативних чинників, проаналізовано заходи при пожежній безпеці на підприємстві гірничого типу.

В економічному розділі порівняно два варіанти компенсації з точки зору капіталовкладень та експлуатаційних витрат.

Таким чином, обираючи між індивідуальною та груповою компенсацією, перевагу слід надавати другому (груповому) способу підключення компенсуючих пристроїв, виходячи з економічних розрахунків, які є більш пріоритетними.

Перелік посилань

1. Методичні вказівки до виконання дипломних проектів та робіт для здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня "БАКАЛАВР" за напрямом підготовки 050701 – "Електротехніка та електротехнології"
2. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. - М.: Высшая школа, 1984.
3. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии. - М.: Изд-во ЭНАС, 2009. - 447 с.
4. Железко Ю.С. Вибір заходів щодо зниження втрат електроенергії в електричних мережах: Керівництво для практичних розрахунків. - М.: Вища школа, 1989. - 176с.
5. Иванов В.С., Соколов В.И. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат, 1987.
6. Электроснабжение объектов. Ч.1. Расчет электрических нагрузок, нагрев проводников и электрооборудования
7. Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д., «Електропостачання промислових підприємств і установок» - М: Вища школа, 1999 р .
8. Електрообладнання та електропостачання підземних гірничих робіт. - М.М. Білий
9. Проектирование кабельных сетей и проводок. Хромченко Г.Е. 1980 г.
10. ПУЕ , глава 1.3
11. Справочная книга электрика. Под общей редакцией В.И. Григорьева. 2004 г.
12. Методичні вказівки з виконання розділу „Охорона праці” в дипломних проектах студентів інституту електроенергетики
13. Голінько В.І. Основи охорони праці. - Д.:Національний гірничий університет, – 2008. – 265с.

14. Безопасность труда в шахтах. Справочник/ Подред. А.А. Мясникова. - М.: Недра, 1994. - 253 с

15. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломної роботи для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Укладачі: Л.В. Тимошенко, Н.В. Дементьєва - Дніпро: НГУ, 2018. - 15 с.

16. Мінфін - <https://minfin.com.ua>

Додаток А

Відомість до матеріалів дипломної роботи

		Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
1					
2			Документація		
3					
4	A4	СЕР.ПД.19.08.ПЗ	Пояснювальна записка	67	
5					
6	A4	СЕР.ПД.19.08.05	Презентаційний матеріал		
7					
8					
9					
10					
11					
12					

Додаток Б

Довідкові дані косинусів та коефіцієнтів попиту

1	2	3	4
Экскаваторы одноковшовые с приводом на постоянном токе по системе «генератор – двигатель» на добыче и на вскрыше	0,65		0,7–0,75
Экскаваторы одноковшовые с приводом на переменном токе	0,65		0,44–0,8
Экскаваторы многоковшовые	0,75		0,6–0,8
Земленасосы и песковые насосы мощностью, кВт:			
до 50	0,8	0,8	0,8
более 50	0,85	0,8	0,9
Дробилки-агрегаты крупного дробления, щековые и конусные с двухдвигательным приводом, дробилки конусные крупного дробления с однодвигательным приводом, дробилки конусные и щековые среднего дробления, одновалковые и четырехвалковые дробилки мелкого дробления	0,7	0,75	0,75–0,8
Питатели пластинчатые и тарельчатые, лотковые тяжелые (мощностью свыше 10 кВт), классификаторы спиральные	0,7	0,8	0,8
Питатели ленточные, барабанные, лотковые (мощностью до 10 кВт), грохоты разные	0,6	0,72	0,7
Конвейеры легкие мощностью до 4,5 кВт, питатели реагентовые разные, лебедки	0,65	0,65	0,7
Конвейеры тяжелые с шириной ленты до 1400 мм, шнеки, элеваторы, механические топki, питатели пластинчатые и тарельчатые	0,7	0,75	0,8
Конвейеры сверхтяжелые с шириной ленты 1600–200 мм	0,8	0,85	0,8
Элеваторы-шнеки	0,7	0,75	0,75
Электровибрационные механизмы	0,6	0,65	0,7
Вагоноопрокидыватели	0,45	0,5	0,5

[illegible][illegible]

Додаток Г

Довідкові матеріали для вибору кабелів згідно ПУЕ

k_1 - коефіцієнт, який враховує температуру навколишнього середовища

Условная температура среды, °C	Нормированная температура жил, °C	Поправочные коэффициенты на токи при расчетной температуре среды, °C											
		-5 и ниже	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45	+50
15	80	1,14	1,11	1,08	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78	0,73	0,68
25	80	1,24	1,20	1,17	1,13	1,09	1,04	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,74
25	70	1,29	1,24	1,20	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,81	0,74	0,67
15	65	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55
25	65	1,32	1,27	1,22	1,17	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61
15	60	1,20	1,15	1,12	1,06	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67	0,57	0,47
25	60	1,36	1,31	1,25	1,20	1,13	1,07	1,00	0,93	0,85	0,76	0,66	0,54
15	55	1,22	1,17	1,12	1,07	1,00	0,93	0,86	0,79	0,71	0,61	0,50	0,36
25	55	1,41	1,35	1,29	1,23	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,71	0,58	0,41
15	50	1,25	1,20	1,14	1,07	1,00	0,93	0,84	0,76	0,66	0,54	0,37	-
25	50	1,48	1,41	1,34	1,26	1,18	1,09	1,00	0,89	0,78	0,63	0,45	-

k_2 - коефіцієнт, який враховує число поруч прокладених у землі кабелів

Расстояние между кабелями в свету, мм	Коэффициент при количестве кабелей					
	1	2	3	4	5	6
100	1,00	0,90	0,85	0,80	0,78	0,75
200	1,00	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

Допустиме табличне значення струму:

Сечение жил, мм	Медные жилы проводов и кабелей				Сечение жил, мм	Алюминиевые жилы проводов и кабелей			
	Напряжение 220 В		Напряжение 380 В			Напряжение 220 В		Напряжение 380 В	
	Ток, А	Мощность, кВт	Ток, А	Мощность, кВт		Ток, А	Мощность, кВт	Ток, А	Мощность, кВт
1,5	19	4,1	16	10,5	2,5	22	4,4	19	12,5
2,5	27	5,9	25	16,5	4	28	6,1	23	15,1
4	38	8,3	30	19,8	6	36	7,9	30	19,8
6	46	10,1	40	26,4	10	50	11	39	25,7
10	70	15,4	50	33	16	60	13,2	55	36,3
16	85	18,7	75	49,5	25	85	18,7	70	46,2
25	115	25,3	90	59,4	35	100	22	85	56,1
35	135	29,7	115	75,9	50	135	29,7	110	72,6
50	175	38,5	145	95,7	70	165	36,3	140	92,4
70	215	47,3	180	118,8	95	200	44	170	112,2
95	260	57,2	220	145,2	120	230	50,6	200	132
120	300	66	260	171,6					

Активні та індуктивні значення опорів для кабелів з номінальним струмом до 500В:

Активные и индуктивные сопротивления проводов и кабелей с алюминиевыми и медными жилами
(для напряжений до 500 В) при номинальной нагрузке

Сечение, мм ²	Сопротивление, мОм/м				Сечение, мм ²	Сопротивление, мОм/м			
	активное		индуктивное			активное		индуктивное	
	Алюминий	Медь	Провода, открыто проложенные	Провода в трубах или кабели		Алюминий	Медь	Провода, открыто проложенные	Провода в трубах или кабели
1,5	22,2	13,35	--	0,11	50	0,67	0,40	0,25	0,06
2,5	13,3	8,0	--	0,09	70	0,48	0,29	0,24	0,06
4	8,35	5,0	0,33	0,10	95	0,35	0,21	0,23	0,06
6	5,55	3,33	0,32	0,09	120	0,28	0,17	0,22	0,06
10	3,33	2,0	0,31	0,07	150	0,22	0,13	0,21	0,06
16	2,08	1,25	0,29	0,07	185	0,18	0,11	0,21	0,06
25	1,33	0,80	0,27	0,07	240	--	0,08	0,20	--
35	0,95	0,57	0,26	0,06	300	0,12	0,07	0,19	0,06

Додаток Д

Вибір кабелів

C9		$f_{\Sigma} = (C6 * I2 / (\text{КОРЕНЬ}(3) * 0,38 * C8 * C7))$				
	В	С	Д	Е	Ф	Г
1						
2	$I_p = \frac{P * k_3}{\sqrt{3} * U_{\text{ном}} * \cos \varphi * \eta_d}$					
3						
4						
5		Грохот	ЛК-2	ЛК-3	ЛК-4	Общий кабель
6	Мощность i-го двигателя	11	7,5	7,5	7,5	
7	η двигателя	0,85	0,8	0,8	0,8	
8	$\cos \phi$	0,8	0,75	0,75	0,75	
9	Ирасч	24,58	18,99	18,99	18,99	106,13
10	Допустимое значение тока	40,72	19,84	19,84	19,84	114,84
11	Сечение	10	2,50	2,50	2,50	50
12	Кабель	2 x АВВГ 3x10	АВВГ 3x2.5	АВВГ 3x2.5	АВВГ 3x2.5	АВВГ 4x50

C10		$f_{\Sigma} = 1 * 0,87 * 1,2 * I4$				
	В	С	Д	Е	Ф	Г
1						
2	$I_p = \frac{P * k_3}{\sqrt{3} * U_{\text{ном}} * \cos \varphi * \eta_d}$					
3						
4						
5		Грохот	ЛК-2	ЛК-3	ЛК-4	Общий кабель
6	Мощность i-го двигателя	11	7,5	7,5	7,5	
7	η двигателя	0,85	0,8	0,8	0,8	
8	$\cos \phi$	0,8	0,75	0,75	0,75	
9	Ирасч	24,58	18,99	18,99	18,99	106,13
10	Допустимое значение тока	40,72	19,84	19,84	19,84	114,84
11	Сечение	10	2,50	2,50	2,50	50
12	Кабель	2 x АВВГ 3x10	АВВГ 3x2.5	АВВГ 3x2.5	АВВГ 3x2.5	АВВГ 4x50

C25		$f_{\Sigma} = \text{КОРЕНЬ}(3) * C9 * (3,33 * 10^{-3} * C8 + 0,07 * 10^{-3} * 0,6)$				
	В	С	Д	Е	Ф	Г
21						
22	Проверка кабеля на допустимую потерю напряжения:					
23	$\Delta U_k = \sqrt{3} * I_p (R_k * \cos \varphi + X_k * \sin \varphi)$					
24						
25	$\Delta U_k =$	0,12	$\Delta U_{k\%} =$	0,030		
26	$\Delta U_k =$	0,33	$\Delta U_{k\%} =$	0,087		
27	$\Delta U_k =$	0,33	$\Delta U_{k\%} =$	0,087		
28	$\Delta U_k =$	0,33	$\Delta U_{k\%} =$	0,087		
29	$\Delta U_k =$	0,01	$\Delta U_{k\%} =$	0,002		
30						

Додаток Е

Розрахунок індивідуальної компенсації

F6		$f_{\Sigma} = (E6 * 10^9 / (2 * 3,14 * 50 * 380^2))$						
	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2						$C = \frac{Q_c * 10^9}{2 * \pi * f * U^2}$		
3	Индивидуальная компенсация:							
4								
5	Наименование	Активная мощность	cos	tg	Реактивная мощность	Ёмкость конденсатора	Конденсаторная Установка	I (до компенс)
6	Грохот инерционный самобалансный ГИСЛ-52 двухдековый	11	0,8	0,75	8,25	181,95	KPM «БЕГ» 0,4 20/2,5	24,58
7	Конвейер ленточный, L=12450 мм, B=800 мм (ЛК 2)	7,5	0,75	0,88	6,61	145,88	KPM «БЕГ» 0,4 15/2,5	18,99
8	Конвейер ленточный, L=12450 мм, B=800 мм (ЛК 3)	7,5	0,75	0,88	6,61	145,88	KPM «БЕГ» 0,4 15/2,5	18,99
9	Конвейер ленточный, L=13900 мм, B=800 мм (ЛК 4)	7,5	0,75	0,88	6,61	145,88	KPM «БЕГ» 0,4 15/2,5	18,99
10	Общий кабель							106,13

I13		f_{Σ} =G13-H13								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
11										
12	Pmax	cosφ(задан)		tgφ(задан)	cosφ(жел)	tgφ(жел)	Q1	Q2	Qку	Ином (после компенсации)
13	11	0,8		0,75	0,82	0,70	8,25	7,68	0,57	23,98
14					0,85	0,62	8,25	6,82	1,43	23,13
15					0,90	0,48	8,25	5,33	2,92	21,85
16					0,97	0,25	8,25	2,76	5,49	20,27
17										
18	Pmax	cosφ(задан)		tgφ(задан)	cosφ(жел)	tgφ(жел)	Q1	Q2	Qку	Ином (после компенсации)
19	7,5	0,75		0,88	0,82	0,70	6,61	5,24	1,38	17,37
20					0,85	0,62	6,61	4,65	1,97	16,76
21					0,90	0,48	6,61	3,63	2,98	15,83
22					0,97	0,25	6,61	1,88	4,73	14,68

E49	$f_{\Sigma} = 0,9 * 0,38 * 0,6 * H6 * 2 * \text{КОРЕНЬ}(3)$						
	A	B	C	D	E	F	G
42	Проверка двигателя на самовозбуждение:						
43					$Q_{\text{комп}} = P * (tg\varphi_i - tg\varphi_f)$		
44					$Q_{\text{комп}} \leq Q_{\text{пред}}$		
45					$Q_{\text{пред}} = 0,9 * \sqrt{3} * U_{\text{ном}} * I_0$		
46							
47							
48				Qкомп(грохот)	Qпред	Qкомп(конвейеров)	Qпред
49				0,572	17,47	1,379	6,75
50				1,433		1,966	
51				2,922		2,982	
52				5,49		4,73	

Додаток Є

Розрахунок групової компенсації

E15 ▼ f_{Σ} =C15-D15						
	A	B	C	D	E	F
1						
2						
3	Групова компенсація		Q-Vox-50-5-4-IP54 ?			
4						
5	Наименование	Активная мощность	cos	I(до компенсации)	tg	Реактивная мощность
6	Грохот инерционный самобалансный ГИСЛ-52 двухдековый	11	0,8	24,58	0,75	8,25
7	Конвейер ленточный, L=12450 мм, В=800 мм (ЛК 2)	7,5	0,75	18,99	0,88	6,61
8	Конвейер ленточный, L=12450 мм, В=800 мм (ЛК 3)	7,5	0,75	18,99	0,88	6,61
9	Конвейер ленточный, L=13900 мм, В=800 мм (ЛК 4)	7,5	0,75	18,99	0,88	6,61
10						
11	Общее	33,5	0,76	106,13	0,85	28,09
12						
13						
14	cos(желат)	tg(желат)	Q1	Q2	Q _{ку}	I (после компенсации)
15	0,8	0,75	28,43	25,13	3,30	79,53
16	0,85	0,62	28,43	20,76	7,66	74,85
17	0,9	0,48	28,43	16,22	12,20	70,69
18	0,97	0,25	28,43	8,40	20,03	65,59